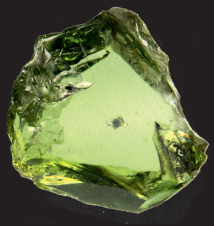
François Farges

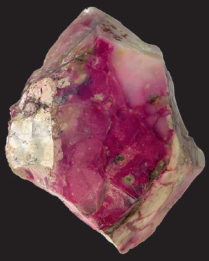
À la découverte *des* minéraux *et* pierres précieuses

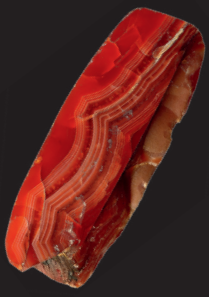
Nouvelle édition enrichie

DUNOD

MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE







COLLECTION

L'AMATEUR DE NATURE

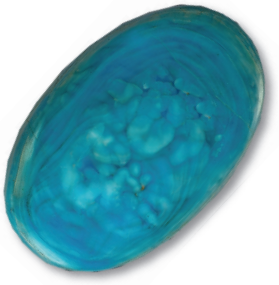
Sous la direction d'Alain Foucault,
en partenariat avec le Muséum national d'Histoire naturelle

Adaptation maquette et mise en pages : Yves Tremblay
Maquette de couverture : Pierre-André Gualino
Illustrations intérieures : Delphine Zigoni

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.
Le Code de la propriété intellectuelle du 1er juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée. Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).

© Dunod, 2013, 2015 pour la nouvelle édition
5 rue Laromiguière, 75005 Paris
www.dunod.com
ISBN 978-2-10-072277-8
ISSN 2117-6388

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).
Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.



Sommaire

Mode d'emploi 4

Découvrir les minéraux et les gemmes 6

Qu'est-ce qu'un minéral ? 6

Comment identifier les minéraux ? 17

Les gemmes 43

Les collections de minéraux et de gemmes 55

Comment se forment les minéraux ? 61

Reconnaître les minéraux et les gemmes 67

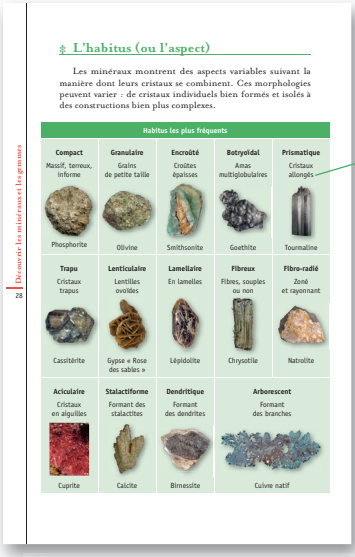
Carnet pratique 196

Glossaire 203

Index des minéraux 205

Mode d'emploi

À la découverte des minéraux et des pierres précieuses

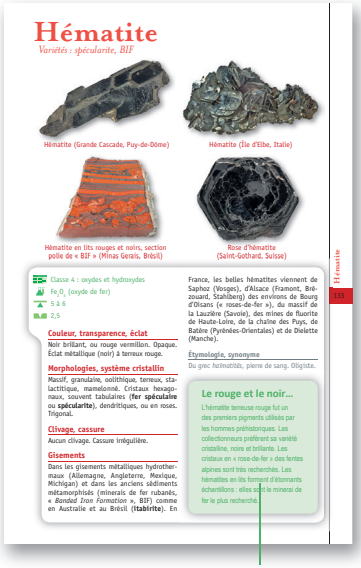


Des grilles de classification

Des explications scientifiques

Des conseils pratiques pour réaliser une collection

Reconnaître les minéraux et les pierres précieuses



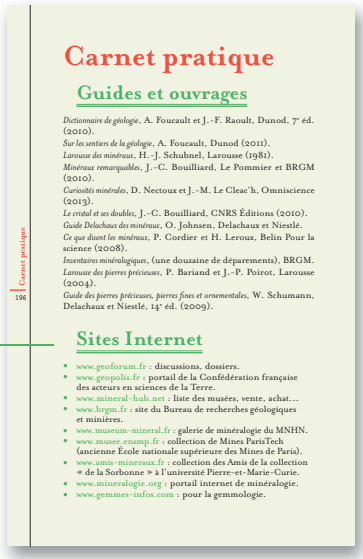
Les principaux critères d'identification

Des explications pour en savoir plus

- Classification chimique
- Formule chimique
- Densité
- Dureté

Carnet pratique

Des adresses d'associations, de clubs, de musées, de sites Internet… pour vivre sa passion



Qu'est-ce qu'un minéral ?

La science des minéraux, ou minéralogie, a récemment pris un essor important. Devenue une science multidisciplinaire, elle s'invite dans de nombreux débats : de l'origine des planètes aux matériaux « high-tech », en passant par la protection des environnements et de la biodiversité, la préservation du patrimoine culturel voire la santé humaine. À travers l'identification de minéraux particulièrement importants, cet ouvrage propose une introduction aux découvertes de la minéralogie actuelle et à leurs impressionnantes retombées sociétales.

Roches, minéraux, cristaux et gemmes

Qu'est-ce qu'un minéral ? Pour beaucoup, « minéral » est le terme scientifique pour « pierre », un solide massif, relativement lourd et dur, sans vie, formant quelquefois des cristaux transparents et brillants qu'on appelle « pierres précieuses ». La réalité est bien plus riche et fascinante.

La définition du minéral a constamment varié depuis l'Antiquité : la minéralogie n'est pas une science morte. Plus on étudie

la diversité minéralogique avec des instruments toujours plus puissants et précis, plus il est délicat de redéfinir les contours de la « géodiversité » naturelle.

Six variétés d'une même espèce minérale, le béryl :
(1) variété incolore (goshénite, Brésil) ; (2) variété aigue-marine (Brésil) ;
(3) variété émeraude (Colombie) ; (4) variété morganite (Brésil) ;
(5) variété héliodore (Madagascar) ; (6) variété bixbite (Utah, USA)

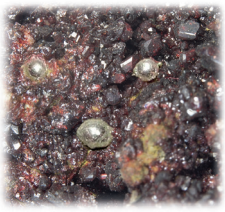
La grande géodiversité du règne minéral

Certains experts considèrent que les minéraux sont des solides naturels cristallisés et inorganiques, formés par un processus géologique. Par exemple le quartz ou le feldspath sont composés d'agencements atomiques constants et stables qui se répètent presque à l'infini, formant des cristaux : leurs structures atomiques sont dites « périodiques ». *A contrario*, le mercure natif ne serait pas un minéral pour certains minéralogistes car il est liquide et, à ce titre, il est non cristallisé. Pourtant, l'*International Mineralogical Association*, l'instance internationale qui décide de ce qui est un minéral, considère que le mercure natif est bel et bien un minéral. On sait maintenant que le mercure liquide n'est pas

aussi « amorphe » qu'on le pensait. Dans ce liquide, les atomes de mercure sont fortement liés, de manière comparable à celle d'un cristal (d'ailleurs, les « cristaux liquides » existent bel et bien dans les écrans de nos calculatrices !). La différence vient du fait que cette organisation atomique n'est pas aussi périodique que dans le quartz ou la calcite, mais varie constamment. Un liquide n'est donc pas si différent d'un cristal : les deux sont organisés différemment, mais à partir des mêmes structures atomiques et moléculaires.

Les minéraux d'origine purement minérale ne constituent qu'une minorité du monde minéral tel que nous le connaissons aujourd'hui. On sait maintenant que de nombreuses calcites ne sont pas d'origine purement minérale, mais biologique : elles ont été secrétées par des micro-organismes depuis l'apparition de la vie sur Terre il y a au moins 3,8 milliards d'années.

De même, la whewellite, un oxalate cristallisé naturel récolté au plus profond des mines, est chimiquement organique. C'est un minéral organique. Le sucre candi forme aussi de beaux cristaux, de composition organique car composé essentiellement de saccharose. Mais comme on ne le retrouve pas dans des roches, il n'est pas considéré comme un minéral.



Mercure natif dans cinabre (Moschell, Rhénanie)

Cristaux de whewellite (Saxe)

Cristaux de sucre candi industriel

Une définition ?

Ainsi, les découvertes récentes de la minéralogie nous ont apporté leur lot de nouveautés, mais aussi de perplexité : est-ce que les cristaux sont les seules formes d'organisation atomique minérale possible ? Doit-on limiter la géodiversité à la seule croûte terrestre, excluant de fait les minéraux des profondeurs de la Terre ou extraterrestres ? On le devine, les réponses à ces questions sont négatives.

Diamant (sur gangue, Afrique du Sud)

Graphite (Maroc)

Même composition (carbone pur) mais deux minéraux différents, aux propriétés diamétralement opposées

À la lumière des dernières découvertes en minéralogie, il existe aujourd'hui un certain consensus pour considérer que la définition d'un minéral doit être étendue à « toute substance géologique, chimiquement homogène, ayant une structure atomique (périodique ou non) formée grâce à des processus (bio) géochimiques ».

Quelle différence avec les roches ?

Une roche est classiquement définie comme un agrégat d'un ou de plusieurs minéraux. Ainsi, un granite est essentiellement composé de cristaux visibles à l'œil nu de quartz, de feldspath et de mica. Un quartzite est composé presque uniquement de grains millimétriques de quartz. Un calcaire est une roche composée d'une multitude de cristaux de calcite de très petite taille (micrométriques à millimétriques). À l'opposé, une pegmatite est une roche composée de minéraux de très grandes dimensions (centimétriques à métriques) de quartz, feldspath et, souvent, de mica.

Cristaux (« cristal de roche », Brésil)

Massif (quartz hyalin, Brésil)

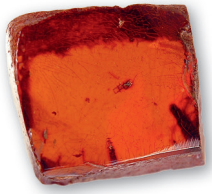
Microcristallin (Madagascar)

Roche (quartzite, États-Unis)

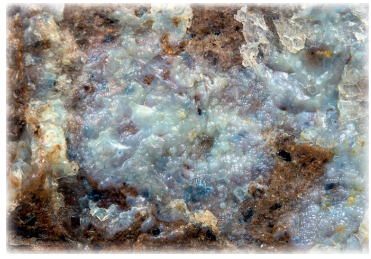
Un même minéral pour quatre apparences différentes

Les « minéraloïdes »

Certains minéralogistes font une distinction entre minéraux et « minéraloïdes ». Les « minéraloïdes » ressemblent à des minéraux, mais n'en sont pas. Par exemple, l'ambre n'est pas un minéral à proprement parler car il s'agit d'une résine fossilisée, composée d'un grand nombre de substances organiques différentes intimement mélangées. On pourrait donc décrire l'ambre comme une roche organique. Mais l'ambre est considéré comme une « pierre fine » par les gemmologues, au même titre que la tourmaline ou la topaze, qui sont de « vrais minéraux ». Un autre « minéraloïde » bien connu est l'opale, composée de différentes phases minérales. L'opale est en fait une roche, composée de différentes formes de silice. Pour les gemmologues, elle reste une pierre fine. Néanmoins, on continue à la classer comme « minéral » car, historiquement, elle a toujours été considérée ainsi.



Ambre (Baltique)



Opale (Mexique)

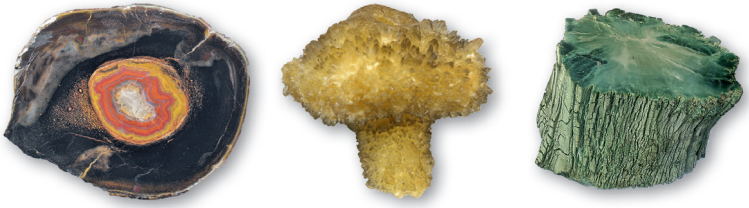
Exemples de « minéraloïdes »

Minéraux, matière organique et vie

Il est maintenant établi que la diversité minéralogique actuelle est essentiellement due à la présence d'importantes quantités d'eau et d'oxygène à la surface de la Terre. L'eau a altéré les minéraux primitifs et a libéré quantité d'ions qui se sont recombinés sous la forme de nouveaux minéraux (argiles, ferrihydrite) et de sels

solubles (de sodium, calcium, magnésium, etc.). L'eau s'est alors minéralisée. La géodiversité actuelle est aussi due au développement de la vie. La présence d'algues bleues océaniques dès 3,8 milliards d'années a considérablement enrichi l'atmosphère terrestre en oxygène. Ceci a permis d'oxyder les minéraux de la Terre primitive. Des centaines de nouveaux minéraux (oxyhydroxydes, sulfates, arséniates, etc.) se sont ainsi formés. Les stromatolites, éponges, algues, coraux et coquillages ont secrété de nombreux carbonates à partir d'eau minéralisée. Des micro-organismes ont aussi contribué à former argiles et oxyhydroxydes, des minéraux par ailleurs rares dans l'Univers.

Deux exemples de minéralisation actuelle :
un coquillage et un corail, formés essentiellement d'aragonite



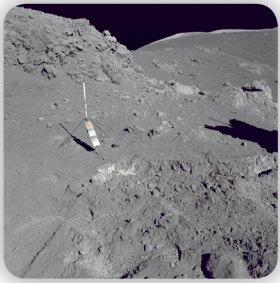
Tranche dans un fémur de dinosaure agatisé (États-Unis)

Éponge calcitisée

Tronc de conifère en glauconite

Trois exemples de minéralisation passée (fossilisation)

Plus des trois quarts des espèces minérales décrites sur Terre sont inconnues sur la Lune ou dans les astéroïdes. Mais ces derniers recèlent quantité d'autres minéraux primitifs qui ont quasi disparu de la surface de la Terre, tels de rares carbures comme la moissanite (SiC). Cette minéralogie plus restreinte confère peu de couleurs à la surface de la Lune. Intermédiaire entre la Lune et la Terre, la surface de Mars présente une plus grande géodiversité car sa surface semble localement riche en hydroxydes, argiles et sulfates qui n'ont jamais été rencontrés sur la Lune. D'où un éventail plus riche en couleurs, sans toutefois surpasser la Terre.



Surfaces respectives de la Lune (avec une échelle de couleurs de référence) et de Mars vues par les missions Apollo 17 en 1972 et *Mars Science Laboratory* en 2012

La diversité minéralogique

À ce jour, et en fonction des définitions actuelles, on dénombre un peu plus de 4 750 espèces minérales différentes. On découvre quelques dizaines d'espèces nouvelles par an. Le plus souvent, il s'agit d'espèces microscopiques confinées à un gisement très particulier, ayant connu des épisodes géologiques uniques expliquant alors leur rareté. Mais le plus important potentiel de découverte d'espèces minérales nouvelles réside dans l'étude de météorites, témoins de minéralogies ayant disparu de la surface de la Terre.

Des mondes minéralogiques encore peu explorés existent près de chez soi comme dans un sol de forêt…

Un autre monde minéralogique dont l'exploration débute tout juste est constitué par les minéraux de dimension nanométrique (un nanomètre équivaut à un millionième de millimètre) et/ou

qui sont peu ou non cristallisés. Ces espèces sont impossibles à détecter avec les instruments de la minéralogie traditionnelle : leur identification requiert des instruments sophistiqués – tels les accélérateurs à rayonnement synchrotron – qui n'ont été développés que très récemment (années 1990). Ces minéraux restent encore peu connus, même s'ils peuvent être abondants dans nos sols, comme les « rouilles vertes » telle la fougérite $(Fe(II)\ Mg)_6\ Fe(III)_2(OH)_{18}\cdot 4H_2O$. Elle fut identifiée en 1996 en Bretagne et s'est révélée être un minéral extrêmement commun.

La nomenclature

Les noms des minéraux courants sont souvent les héritiers d'un passé lointain :

- Or : du latin *aurum*.
- Saphir : proviendrait de l'hébreu *sappîr*.
- Feldspath : de dialectes germaniques signifiant une matière non métallique – *spath* – provenant d'un champ – *feld*.

Certains noms sont tirés de propriétés remarquables :

- Magnétite : magnétique.
- Azurite : bleue.
- Barytine : dense.

Saphir (Vietnam)

Goethite (Le Kaymar, Aveyron)

Barytine (Côte d'Abot, Puy-de-Dôme)

Ou dérivent du nom d'une personnalité remarquable :

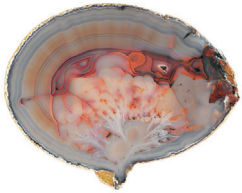
- Goethite : Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832), écrivain allemand.
- Curite, sklodowskite et cuprosklodowskite : Marie Curie-Sklodowska (1867-1934), chimiste franco-polonaise.

D'autres noms dérivent d'une localité (ou d'un pays) où l'espèce fut trouvée sous la forme d'échantillons remarquables :

- Agate : Achátes, rivière de Sicile.
- Autunite : Autun, Saône-et-Loire.

Certains noms sont issus d'une spécificité culturelle :

- Turquoise : car souvent importée de Perse par des Turcs.
- Kaolin : de *Kao-ling* (ou *Gao-ling*, littéralement « grande colline »), un village de la province du Jiangxi en Chine, célèbre pour sa production historique de porcelaine.



Agate
(Rio Grande, Brésil)

Turquoise dans rhyolite (Mont Dore, Puy de Dôme)

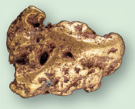
Métatorbernite (Entraygues-sur-Truyère, Aveyron)

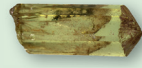
Ou dérivent d'un minéral déjà décrit :

- Métatorbernite : torbernite partiellement déshydratée.
- Axinite-Fe : axinite enrichie en fer.

La classification chimique des minéraux

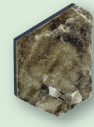
Actuellement, les quelque 4 750 espèces connues sont réparties suivant le système dit « de Nickel-Strunz », qui en est à sa dixième version depuis 1982. Dans ce système, on dénombre 10 classes de minéraux, numérotées de 1 à 10 :

1	2	3	4
Éléments (natifs, carbures, nitrures, siliciures, alliages, etc.)	Sulfures et sulfosels (et séléniures, antimoniures, arséniures)	Halogénures (et oxyhalogénures)	Oxydes et hydroxydes
 Or (Californie)	Pyrite (Espagne)	Halite (Pologne)	Quartz (Mont-Blanc)

5	6	7	8
Carbonates et nitrates Calcite (Mexique)	Borates Borax (Italie)	Sulfates, chromates, molybdates et tungstates (et sélénates, niobates et thiosulfates)  Apatite (Mexique)	Phosphates, arséniates et vanadates Gypse (localité inconnue)

9	10
Silicates (et germanates) (Tableau ci-dessous)	Minéraux organiques Mellite (Tchéquie)

La classe 1 représente les compositions les plus « simples » en termes d'atomes élémentaires qualquefois combinés entre eux. Les classes 2 à 10 sont composées d'atomes ionisés, dont les sulfures (et associés, classe 2), halogénures (classe 3), ceux composés d'oxygène (classes 4 à 9) et de carbone organique (classe 10). Parmi les « oxydes » (au sens général du terme), on trouvera les oxydes et hydroxydes (*sensu stricto*, classe 4), les carbonates-nitrates (classe 5), les borates (classe 6) structuralement similaires aux phosphates (classe 7) et aux silicates (classe 9), et enfin les sulfates et associés, qui sont des minéraux très oxydés.

Classe 9 : les silicates					
Nésosilicate	Sorosilicate	Cyclosilicate	Inosilicate	Phyllosilicate	Tectosilicate
Grenat (Brésil)	Épidote (Oisans)	Tourmaline (Brésil)	Enstatite (Pakistan)	 Phlogopite (Madagascar)	Sanidine (Mont-Dore, Puy-de-Dôme)

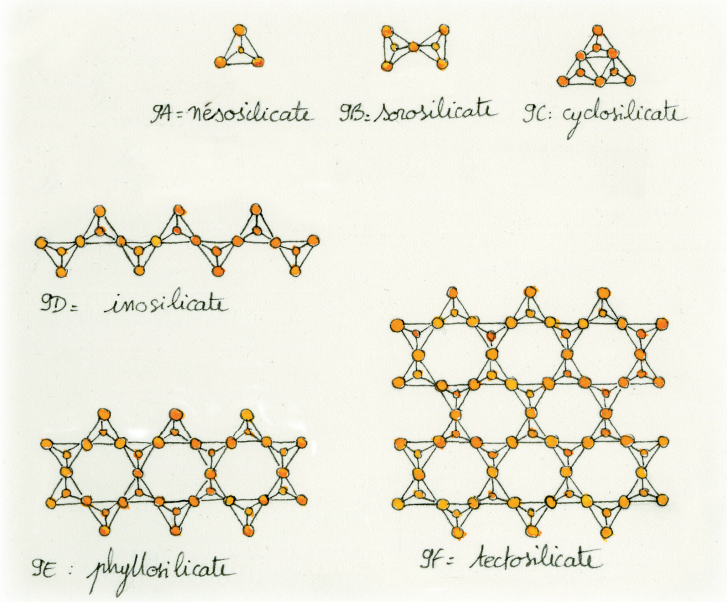
Le cas des silicates

Les silicates sont, de loin, la classe de minéraux qui regroupe le plus grand nombre d'espèces minérales (environ 1 350 sur 4 750). On subdivise cette classe en 6 sous-classes principales, suivant la manière dont les groupements silicate (SiO_4^{4-}) s'arrangent entre eux :

- sous-classe 9A : nésosilicates (environ 190 espèces) avec des groupements silicate dits « isolés » SiO_4^{4-}, c'est-à-dire déconnectés les uns des autres ;
- sous-classe 9B : sorosilicates (~ 190 espèces) composés de paires de groupements silicate doubles $Si_2O_7^{6-}$;
- sous-classe 9C : cyclosilicates (~ 170 espèces), composés d'anneaux formés par 3, 4, 6, 8 ou 12 groupements silicates ;
- sous-classe 9D : inosilicates (~ 320 espèces), avec des groupements silicate formant des chaînes ;
- sous-classe 9E : phyllosilicates (~ 250 espèces) avec des groupements silicate formant des plans ;
- sous-classe 9F : tectosilicates (~ 200 espèces) avec des groupements silicate formant des édifices tridimensionnels ;

À ces 6 sous-classes, s'ajoutent 2 sous-classes plus secondaires :

- sous-classe 9G : silicates non encore classés ou inclassables (~ 25 espèces) ;
- sous-classe 9H : germanates (~ 5 espèces mais beaucoup d'autres restent à découvrir).



Structures atomiques des groupements silicates